

# PTW 对 PA1010/PP 共混物的增容作用

杨风霞<sup>1,2</sup>, 杜荣昵<sup>2</sup>, 罗 锋<sup>2</sup>, 张新兰<sup>2</sup>, 杨静晖<sup>2</sup>, 傅 强<sup>2</sup>, 张 琴<sup>2</sup>

(1. 河南科技学院化学化工学院, 新乡 453003;

2. 四川大学高分子科学与工程学院, 高分子材料工程国家重点实验室, 成都 610065)

**摘要** 为了增加聚酰胺 1010/聚丙烯 (PA1010/PP) 共混物的相容性, 提高共混物的力学性能, 采用一种新型的反应型增容剂——乙烯-丙烯酸丁酯-甲基丙烯酸缩水甘油酯共聚物 (PTW) 进行增容, 通过扫描电镜 (SEM)、力学性能、傅里叶变换红外光谱 (FTIR) 和差示扫描量热 (DSC) 测试, 研究了 PTW 对 PA1010/PP 共混物的增容作用. 结果表明, 随着 PTW 的加入, 共混物的相区尺寸明显变小, 当 PA1010/PP/PTW 质量比为 70:30:7 时, 分散相尺寸细小而均匀, 表明 PTW 有较好的增容作用. FTIR 结果表明, PTW 上的环氧基团和 PA1010 在熔融共混中发生了化学反应. DSC 研究结果表明, PA1010 的结晶温度随 PTW 的加入而降低, 说明 PTW 对 PA1010 结晶有抑制作用. 另外, PTW 的加入使 PP 的结晶温度下降, 当 PTW 质量分数为 5% 时出现 2 个结晶峰, 即出现异相成核结晶和均相成核结晶, PP 均相成核结晶的出现从另一个方面说明, 在 PA1010 基体中分散相 PP 尺寸非常细小. 当 PTW 质量分数为 7% 时共混物的力学性能最佳, 干态冲击强度达到 13.93 kJ/m<sup>2</sup>, 是未加增容剂时的 2 倍, 拉伸和弯曲性能基本不变. PTW 的增容机理在于其分子链中的甲基丙烯酸缩水甘油酯能与 PA1010 发生化学反应, 而乙烯链段与 PP 有较好的亲和性, 从而降低界面张力, 减少相区尺寸, 大幅度提高力学性能.

**关键词** 聚酰胺; 聚丙烯; 乙烯-丙烯酸丁酯-甲基丙烯酸缩水甘油酯共聚物; 共混; 增容机理

**中图分类号** O631.1<sup>+1</sup>; TQ325.3

**文献标识码** A

**文章编号** 0251-0790(2010)01-0186-07

聚酰胺 1010 (PA1010) 是一种强极性的、分子间能形成氢键且具有一定反应活性的结晶聚合物, 具有强度高、弹性好、耐磨、自润滑性好、表面硬度高等特点, 可代替铜等有色金属制作齿轮、轴承、泵叶及其它零件, 广泛用于军工、机械、交通和仪器仪表等工业领域, 但其缺点是吸水率高, 尺寸稳定性差, 价格高, 干态冲击强度不高, 使其应用受到了一定的限制. 聚丙烯 (PP) 具有优异的性能、低廉的价格和广泛的用途, 加入 PP 可以降低 PA1010 的吸水率, 增加绝缘性能和耐化学性, 降低成本. 通过共混可以得到单一聚合物不具备的优良性能, 但由于 PA1010 和 PP 极性相差很大, 直接将 PA1010 和 PP 共混会导致弱界面的产生, 界面作用小, 力学性能较低, 因此改善界面黏接一直是共混改性的研究重点. 对于这类共混物通常需加入合适的增容剂来增加两相界面黏接力以便进行有效的应力传递. 目前研究最多的增容剂为接枝共聚物, 如甲基丙烯酸缩水甘油酯接枝聚丙烯<sup>[1~6]</sup> (PP-g-GMA)、马来酸酐接枝聚丙烯<sup>[7~11]</sup> (PP-g-MAH)、丙烯酸接枝聚丙烯<sup>[12,13]</sup> (PP-g-AA) 和马来酸酐接枝苯乙烯-乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物<sup>[14]</sup> (SEBS-g-MA), 这些增容剂都可用作 PA1010/PP 体系的增容剂, 但其增容效果有限. 接枝聚丙烯类增容剂的优点是可以同时提高共混物的拉伸和冲击强度, 但需要加入量大, 加入量小时无明显效果, 而且即使加入量大冲击强度也提高不到 1 倍, 接枝弹性体类增容剂的优点是加入量达到某一数值时 (一般大于 10%) 冲击强度大大提高, 实现脆韧转变, 但拉伸强度明显降低. 此外, 也有用液晶聚合物对 PA1010/PP 体系的增容作用研究<sup>[15~17]</sup>. 目前以具有适当化学结构的嵌段共聚物作为 PA1010/PP 体系增容剂的报道尚少见, 乙烯-丙烯酸丁酯-甲基丙烯酸缩水甘油酯共聚物 (PTW) 是一种新型三嵌段共聚物增容增韧剂, 其中的环氧基与 PA 中的胺基 (—NH<sub>2</sub>) 或羧基 (—COOH) 相互作用可以显著增强其与 PA 之间的黏合<sup>[18]</sup>, 而其另一端乙烯与 PP 结构相近, 具有较好

收稿日期: 2009-04-03.

基金项目: 国家自然科学基金 (批准号: 50533050, 50873063, 20874064) 资助.

联系人简介: 张 琴, 女, 博士, 副教授, 博士生导师, 从事聚合物纳米复合材料与共混改性研究. E-mail: qinzhang@scu.edu.cn

的相容性,因此 PTW 可以作为 PA 与 PP 的增容剂,其优点是在加入量较小时就可以明显提高共混物的冲击强度<sup>[19]</sup>.

本文综合运用 SEM、DSC 及机械性能测试等手段,考察了 PTW 对 PA1010/PP 体系的增容作用,并探讨了增容机理,初步建立了结构与性能之间的关系.

## 1 实验部分

### 1.1 材料与仪器

PA1010(11 型,  $\rho = 1.03 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$ ), 杜邦兴达(无锡)单丝有限公司; PP(T30S,  $MI = 2.5 \sim 3.5 \text{ g/10 min}$ ), 新疆独山子石化厂; PTW, 美国杜邦公司. TSS J -25 型同向双螺杆挤出机( $D = 32 \text{ mm}$ ,  $D = 25 \text{ mm}$ ), 化工部晨光化工研究院塑料机械研究所; PS40E5ASE 型精密注塑机, 日精树脂工业株式会社; CMT1104 万能试验机, 深圳市新三思材料检测有限公司; UJ-40 型悬臂梁冲击试验机, 河北承德市材料试验机厂; FEI Inspect F 扫描电镜; Perkin-Elmer-Pyris- I 型差示扫描量热仪.

### 1.2 样品制备及性能表征

将 PA1010 与 PP 在  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  的真空烘箱中干燥 12 h, 然后与 PTW 按照不同的质量比在双螺杆挤出机上熔融挤出, 挤出温度分别为 185, 195, 200, 210, 220 和  $205 \text{ }^\circ\text{C}$ , 螺杆转速  $121 \text{ r/min}$ , 造粒后于  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  真空烘箱中干燥 12 h, 然后用注塑机成型样条, 注塑温度为 210, 220, 230 和  $230 \text{ }^\circ\text{C}$ , 作为比较, 纯 PA1010 和 PP 也用同样的方法制备样条. 所有的样条在测试前均经  $85 \text{ }^\circ\text{C}$  的真空烘箱中干燥 12 h. 本实验 PA1010/PP 的质量比固定为 70:30, PTWT 质量分数分别为 0, 1%, 3%, 5%, 7% 和 10%.

拉伸和弯曲样条在万能试验机上分别按 GB/T1040-92 和 GB/T9341-2000 标准进行测试, 试验速度分别为 5 和  $2 \text{ mm/min}$ ; 冲击样条在悬臂梁冲击试验机上按 GB/T1834-1996 进行测试, 测试温度为室温  $[(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}]$ . 将 PTW 粒料及 PA1010 和 PAPP7 注塑样条用刀片切成碎片, 在压膜机上压成薄膜, 然后用傅里叶变换红外光谱仪(Nicolet is10 型)进行测试, 测试采用透射模式. 将注射样条在液氮中冷冻 1.5~2 h, 脆断, 断面喷金后用扫描电镜观察分散相形态并照相. 采用差示扫描量热仪对样品进行热分析, 试样量约 5~6 mg,  $\text{N}_2$  气氛, 试样从  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  快速加热到  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ , 停留 5 min 以消除热历史, 再以  $10 \text{ }^\circ\text{C/min}$  的速率降温至  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , 然后再以  $10 \text{ }^\circ\text{C/min}$  升温至  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ , 分别记录升温 and 降温曲线.

## 2 结果与讨论

### 2.1 力学性能分析

图 1 为不同 PA1010/PP/PTW 共混物的应力-应变曲线, 可以看出, 当 PTW 质量分数为 3% 时, 应变虽然也有所增加, 但增加幅度不大, 样条在屈服成颈以前就发生断裂, 表现为脆性断裂; 当 PTW 质量分数达到 5% 时, 样条在断裂之前发生屈服成颈, 且屈服后出现了较大应变, 样条出现明显的韧性断裂; 随着 PTW 含量继续增加, 细颈部分增加, 韧性继续增加. 从应力-应变曲线可以得到试样的拉伸强度和拉伸模量与 PTW 含量的关系, 结果见图 2. 从图 2 可见, 随着 PTW 质量分数的增加, 拉伸强度和拉伸模量都出现逐渐减小的趋势, 但即使 PTW 质量分数达到 10%, 拉伸强度和拉伸数量仍能保持

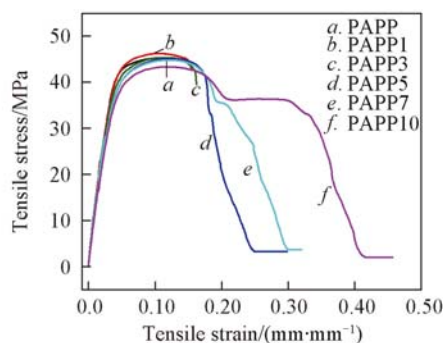


Fig. 1 Typical stress-strain curves of various PA1010/PP/PTW blends

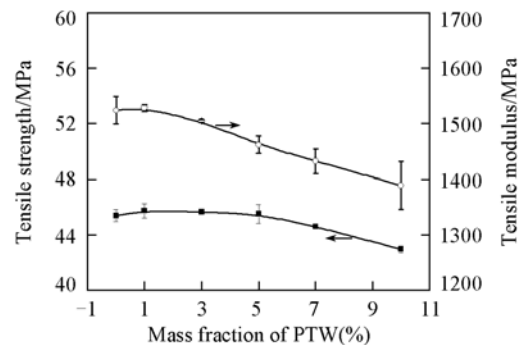


Fig. 2 Influence of PTW content on the tensile strength and tensile modulus

不加增容剂时的 90% 左右, 而用同样含量的 SEBS-g-MA 作增容剂时, 拉伸强度只能保持不加增容剂时的 70% 左右<sup>[14]</sup>. 图 3 为弯曲强度随 PTW 含量的变化关系, 可以看出, 变化规律与拉伸强度相似, 即加入少量 PTW 使弯曲强度有少量下降, 但即使在 PTW 质量分数为 10% 时, 其强度保持率也在 90% 左右.

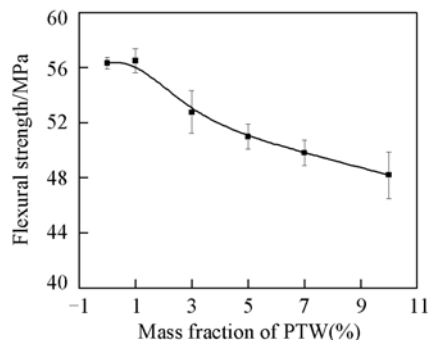


Fig. 3 Influence of PTW content on the flexural strength

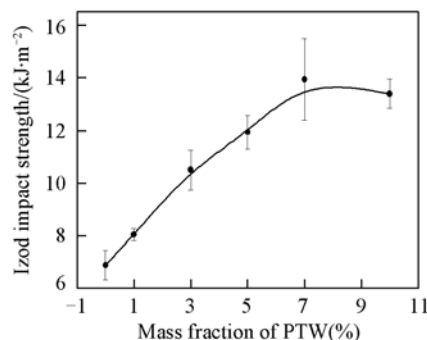


Fig. 4 Influence of PTW content on the izod impact strength

图 4 为 PTW 含量对冲击强度的影响. 从图 4 可以看出, 随着 PTW 质量分数的增加, 共混物的态冲击强度明显提高, 当 PTW 质量分数达到 7% 时, 韧性最好, 冲击强度达到不加增容剂的 2 倍, 而用同样含量的 PP-g-GMA<sup>[3]</sup> 和 PP-g-AA<sup>[12,13]</sup> 增容的 PA1010/PP 共混体系, 冲击强度提高还不到 1/2. 由此可见, 在本混合体系中, PTW 具有增容和增韧的双重作用. 一方面, PTW 的弹性体性质使其具有增韧作用, 弹性体粒子充当应力集中中心, 诱发银纹或剪切带, 银纹或剪切带的产生和发展需要耗散能量, 因而可提高材料的冲击强度; 另一方面, PTW 两端与 PA1010 和 PP 的相互作用使应力可以有效传递和分散. 因此 PTW 在加入量较小时就可以大幅提高冲击强度, 提高材料韧性. 但并不是 PTW 质量分数越高越好, 当 PTW 含量达到 10% 时, 冲击强度开始轻微下降.

## 2.2 红外光谱分析

图 5 为共混物的红外光谱. 其中  $1733\text{ cm}^{-1}$  是 PTW 中酯羰基 ( $-\text{C}=\text{O}$ ) 的特征吸收峰,  $1166\text{ cm}^{-1}$  是 PTW 中酯基 ( $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$ ) 的吸收峰,  $910\text{ cm}^{-1}$  是 PTW 中环氧基的特征吸收峰,  $3307, 1560\text{ cm}^{-1}$  是 PA1010 中  $-\text{NH}$  的吸收峰. 从图 5 谱线 a 可以看出, PTW 谱线中环氧基团的特征吸收峰在谱线 c 中基本消失, 表明 PTW 上的环氧基团和 PA1010 在熔融共混中相互作用而被削弱, 环氧基团的消失, 进一步证实在熔融共混中化学反应的发生, 说明 PTW 对 PA1010/PP 体系有反应性增容作用, 反应式如下:

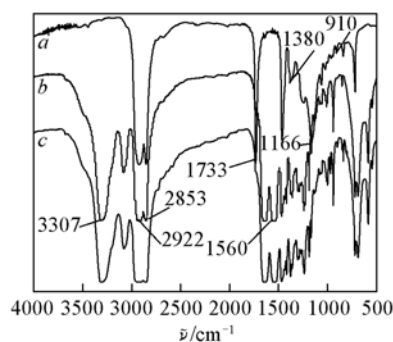
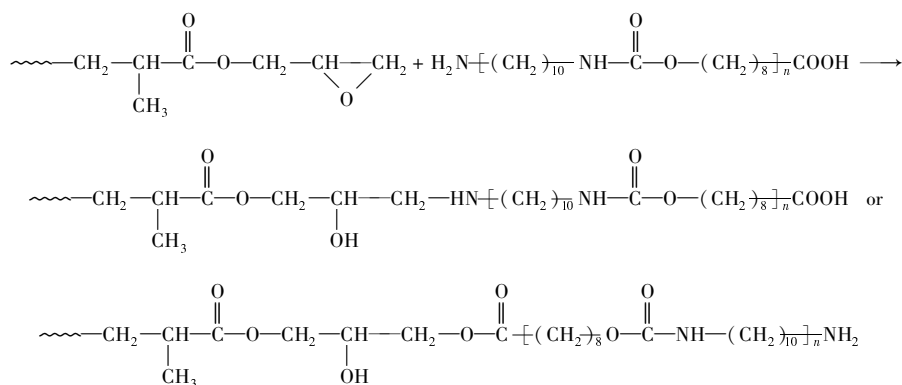
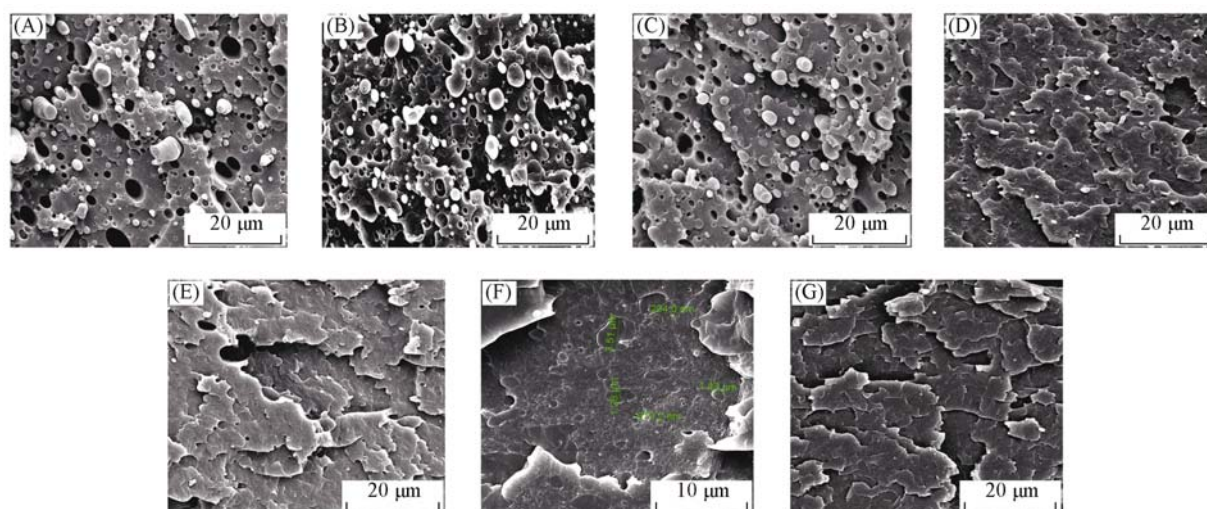


Fig. 5 FTIR spectra of PTW (a), PA1010 (b) and PA1010/PP/PTW (70:30:7) (c)





**Fig. 6 SEM images of cryofractured surfaces of various PA1010/PP /PTW blends**

(A) PAPP,  $w(\text{PTW}) = 0$ ; (B) PAPP1,  $w(\text{PTW}) = 1\%$ ; (C) PAPP3,  $w(\text{PTW}) = 3\%$ ; (D) PAPP5,  $w(\text{PTW}) = 5\%$ ; (E) PAPP7,  $w(\text{PTW}) = 7\%$ ; (F) PAPP10,  $w(\text{PTW}) = 10\%$ .

### 2.3 形态观察

图6为共混物的脆断面形态图。可以看出,在未添加PTW时,PP颗粒粗大,PP拔出后留下的圆形或椭圆形孔洞光滑,颗粒和孔洞大小不一,分散相平均粒径约 $8\ \mu\text{m}$ ,说明PA1010基体和PP分散相相容性很差,界面黏接力很弱。当PTW质量分数从1%增加到3%时,相区尺寸逐渐减小,最大粒径减小到 $5\ \mu\text{m}$ 左右,尺寸范围减小,相界面模糊,但脆断面上依然有许多PP拔出后留下的孔洞,这说明虽然两相相容性有所改善,但两相黏接力依然不够强,因此共混物韧性只有少许增加。当PTW质量分数达到5%以后,相区尺寸和粒径分布范围明显减小,脆断面上PP拔出后留下的孔洞也明显减少。当PTW质量分数达到7%以后,分散相分散均匀,两相界面模糊,PP拔出后留下的孔洞基本消失,放大5000倍的SEM照片无法观察到相区尺寸,而放大10000倍的SEM图片可以发现断面上仅有个别粒子尺寸较大,绝大多数粒子非常细小,有部分达到 $100\sim 200\ \text{nm}$ ,表明PP和基体PA1010结合紧密,界面黏接力明显增强,应力能够有效传递和分散,这些现象表明PTW质量分数达到5%以后两相的相容性得到明显改善,PTW对PA1010/PP具有良好的增容作用,材料韧性也大幅提高,这与冲击性能和应力-应变的测试结果一致。

### 2.4 DSC 分析

图7为纯PA1010、纯PP和共混物的降温曲线。表1是PA1010和PP结晶与熔融过程中的DSC参数。从图7可以看出,随着PTW质量分数的增加,PA1010的结晶温度逐渐降低,且均低于纯PA1010,说明PTW的加入对PA1010结晶有阻碍作用,使PA1010的结晶变得困难。另一方面,PP的结晶温度先升高,后降低,这是因为当PP与PA1010共混时,由于先结晶的PA1010或其它杂质的异相成核作

**Table 1 DSC data of various PA1010/PP /PTW blends\***

Material	PA1010			PP			
	$T_{m1}/^{\circ}\text{C}$	$T_{m2}/^{\circ}\text{C}$	$T_c/^{\circ}\text{C}$	$T_{m1}/^{\circ}\text{C}$	$T_{m2}/^{\circ}\text{C}$	$T_{c1}/^{\circ}\text{C}$	$T_{c2}/^{\circ}\text{C}$
PA1010	190.8	200.2	179.5	—	—	—	—
PP	—	—	—	161.0	—	115.6	—
PAPP	190.0	199.8	178.8	162.4	—	120.9	—
PAPP1	190.2	200.2	178.0	161.4	—	117.0	—
PAPP3	189.8	199.6	177.3	160.8	—	113.9	—
PAPP5	190.2	199.9	177.2	160.0	165.3	107.3	113.9
PAPP7	188.4	199.2	177.2	159.6	165.3	107.0	113.2
PAPP10	188.7	199.5	177.0	159.1	165.5	101.3	111.0

\*  $m(\text{PA1010}):m(\text{PP}) = 70:30$ . PAPP,  $w(\text{PTW}) = 0$ ; PAPP1,  $w(\text{PTW}) = 1\%$ ; PAPP3,  $w(\text{PTW}) = 3\%$ ; PAPP5,  $w(\text{PTW}) = 5\%$ ; PAPP7,  $w(\text{PTW}) = 7\%$ ; PAPP10,  $w(\text{PTW}) = 10\%$ .  $T_m$  is temperature of melting peak;  $T_c$  is temperature of crystallization peak.

用,使 PP 结晶温度升高,但随着 PTW 质量分数增加,PP 的结晶温度开始降低.当 PTW 质量分数为 3% 时,PP 结晶温度开始低于纯 PP;当 PTW 质量分数为 5% 时,出现 2 个结晶峰,即出现异相成核结晶和均相成核结晶,这可能是分级结晶的结果.在聚合物共混过程中,当分散相尺寸小到一定程度,分散相颗粒数高于通常异相成核数目时,成核作用被推迟至均相成核开始,因此,结晶性分散相组分将在不同的过冷度下分步结晶,这是结晶组分分散精细的结果,且粒子越小,这种现象越明显<sup>[20]</sup>.PP 结晶温度的下降和均相结晶的出现从另一个方面表明,在 PA1010 基体中分散相 PP 尺寸非常细小,与 SEM 结果一致.

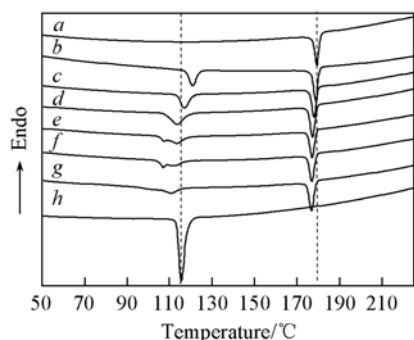


Fig. 7 DSC cooling thermograms of various PA1010/PP/PTW blends

a. Pure PA; b. PAPP; c. PAPP1; d. PAPP3; e. PAPP5; f. PAPP7; g. PAPP10; h. pure PP.

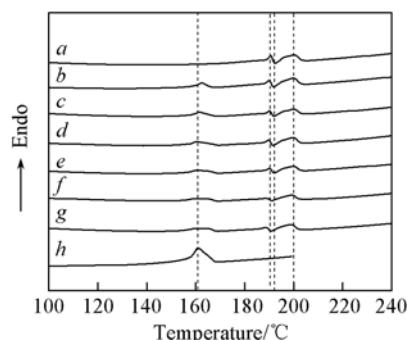


Fig. 8 DSC heating thermograms of various PA1010/PP/PTW blends

a. Pure PA; b. PAPP; c. PAPP1; d. PAPP3; e. PAPP5; f. PAPP7; g. PAPP10; h. pure PP.

图 8 分别是纯 PA1010、纯 PP 和共混物的升温曲线.从图 8 可以看出,PA1010 的升温曲线上均出现了熔融双峰,低温峰是由于材料从熔体缓冷形成的初级晶体熔化,或在热处理下形成的晶体的熔化,而高温峰是由于在扫描过程中在低温下熔化的材料再结晶而形成的晶体的熔化<sup>[21]</sup>.当 PTW 加入量较少时,2 个熔融峰无明显改变;当 PTW 质量分数达到 7% 时低温熔融峰的熔融温度略有降低,熔融峰轻微变宽,说明 PTW 和 PA1010 的相互作用最强,使 PA1010 结晶完善程度降低.

随着 PTW 的加入,PP 的熔点逐渐降低,当 PTW 质量分数为 3% 时,PP 的熔点低于纯 PP,当 PTW 的质量分数为 5% 时,PP 熔融曲线上出现 2 个熔融峰,对应于均相成核和异相成核晶体的熔融,2 个熔融峰的熔融温度下降,表明 PP 和 PTW 亲和性明显增强,使 PP 晶体细化,晶片厚度减小.

从以上分析可以看出,PTW 对 PA1010/PP 共混物具有良好的增容作用,且当 PTW 的质量分数为 7% 时增容效果最好,同时 PTW 明显影响到 PA1010 和 PP 的结晶行为,不但 PA1010 与 PP 的结晶温度和熔融温度都明显下降,尤其是 PP 的结晶峰与熔融峰都明显加宽并出现双峰,说明 PP 晶态结构缺陷增多,因此材料的韧性明显增加.

## 2.5 增容机理

在共混过程中分散相粒子的破裂与聚集是连续发生的.当破裂与聚集速率相当时,达到平衡状态,此时的粒子尺寸  $d_c$  与应力场、表面张力和分散相体积分数等因素有关<sup>[22]</sup>.在应力场和分散相体积分数相同的条件下(本文中这些条件是不变的), $d_c$  主要与表面张力有关,表面张力是粒子聚集的主要推动力.对于不相容体系,两相间存在表面张力,当其中一相是大量较小的分散相粒子时,由于分散相表面积大大增加,体系中必然存在很高的表面能,为了达到稳定状态,体系会发生分散相合并变大以减小表面能的趋势,这时粒子聚集趋势大于破碎趋势,所以未加 PTW 时相区平衡尺寸较大;而 PTW 质量分数达到 5% 后,PP 粒子在 PA1010 基体中能以非常细小的粒子稳定存在,说明两相间的表面张力大大降低了,表面张力降低引起表面能降低,粒子间聚集程度减弱,这时破碎趋势大于聚集趋势,因而 PP 小粒子能稳定存在,降低表面张力的物质是 PTW,由于 PTW 非极性的乙烯端与 PP 有较好的亲和性,而 PTW 中极性的环氧基团与 PA1010 间发生了化学作用,因此通过 PTW 将相斥的两相结合起来,从而提高了由基体到分散相的应力传递,大幅度提高了共混物的冲击韧性,PTW 充当界面改性剂的角色.



从 SEM 图(图6)也可以看出,随着 PTW 含量增加,相界面越来越模糊,表明两相间界面结合力很强,PTW 包覆在分散相 PP 的外面形成界面层。PTW 的增容机理见图 9。

PTW 处于基体 PA1010 与分散相 PP 界面间,形成较好的界面层,起到良好的增容作用。PTW 加入量大于 5% 时,分散相尺寸变得很小,表明界面张力大大降低,可有效抑制粒子间的聚集,因此相区尺寸小而均匀,这时 PTW 与 PP 和 PA1010 相互作用最强,明显影响到它们的结晶行为,使二者结晶温度下降,尤其使 PP 出现均相结晶;而加入较少的 PTW 时相区尺寸大小不均,这时只是在少部分 PP 粒子周围形成包覆或者部分 PP 粒子包覆不充分,因此对 PA1010 和 PP 的结晶行为影响较小。SEM 照片结果还表明,PTW 含量达到 10% 时,PP 的粒径和分散与 7% PTW 时并没有什么区别;力学性能测试结果表明,10% PTW 时,力学性能反而略有降低,这可能是因为相界面处小分子量的 PTW 聚集过多影响了应力的传递,降低了增容效果,因此当 PTW 质量分数在 7% 时增容效果最好。

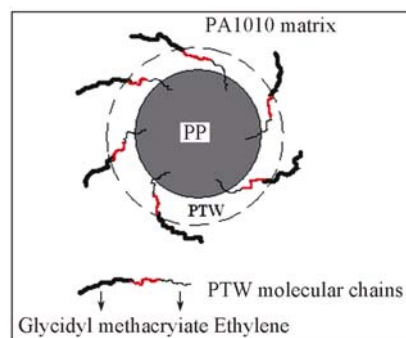


Fig. 9 Compatibilizing mechanism of PTW on PA1010/PP blends

### 参 考 文 献

- [ 1 ] GAO Ge(高歌), WANG Jing-Yuan(王静媛), MA Rong-Tang(马荣堂), *et al.*. Polymer Materials Science And Engineering(高分子材料科学与工程)[J], 1999, **15**(1): 114—117
- [ 2 ] Zhang Xiao-min, Li Gang, Wang Dong-mei, *et al.*. Polymer[J], 1998, **39**(1): 15—22
- [ 3 ] Zhang Xiao-min, Yin Zhi-hui, Na Tain-hai, *et al.*. Polymer[J], 1997, **38**(24): 5905—5912
- [ 4 ] Zhang Xiao-min, Li Gang, Li Jing-shu, *et al.*. Die Angewandte Makromolekulare Chemie[J], 1997, **248**: 189—200
- [ 5 ] Zhang Xiao-min, Li Xing-lin, Wang Dong-mei, *et al.*. Journal of Applied Polymer Science[J], 1997, **64**: 1489—1498
- [ 6 ] Zhang Xiao-min, Yin Jing-hua. Macromol. Chem. Phys. [J], 1998, **199**: 2631—2634
- [ 7 ] YANG Shi-hai(杨石海), SHENG Jing(盛京). Chemical Industry and Engineering(化学工业与工程)[J], 2003, **20**(6): 407—411
- [ 8 ] Yan Li-Tang, Sheng Jing. Polymer[J], 2006, **47**: 2894—2903
- [ 9 ] ZHONG Shao-Ming(钟绍明), ZHU Xing-Yuan(朱兴元), XIE Zhi-Min(谢志民), *et al.*. Polymer Materials Science And Engineering(高分子材料科学与工程)[J], 2005, **21**(1): 255—259
- [ 10 ] MA Gui-Qiu(马桂秋), LOU Jie(娄杰), ZHANG Ding-Hao(张丁浩), *et al.*. Acta Polymer Sinica(高分子学报)[J], 2008, **1**: 18—26
- [ 11 ] Xie Zhi-min, Zhang Ding-hao, Sheng Jing, *et al.*. Journal of Applied Polymer Science[J], 2002, **85**: 307—314
- [ 12 ] ZHANG Xiao-Min(张晓民), WANG Dong-Mei(汪东梅), YIN Jing-Hua(殷敬华). China Plastics(中国塑料)[J], 1996, **10**(4): 10—13
- [ 13 ] Zhang Xiao-min, Yin Jing-hua. Polymer Engineering and Science[J], 1997, **37**(1): 197—204
- [ 14 ] DUAN Jian-Hua(段建华), ZHANG Zeng-Min(张增民). China Plastics(中国塑料)[J], 1995, **9**(6): 40—44
- [ 15 ] ZHANG Ai-Ling(张爱玲), ZHANG Bao-Yan(张宝砚), WU Yan-Ying(吴艳英), *et al.*. Polymer Materials Science and Engineering(高分子材料科学与工程)[J], 2001, **17**(6): 71—74
- [ 16 ] Li Yuan-ming, Zhang Bao-yan, Feng Zhi-liu, *et al.*. Journal of Applied Polymer Science[J], 2002, **83**: 2749—2754
- [ 17 ] LI Yuan-Ming(李远明), ZHANG Bao-Yan(张宝砚), WANG Jun(王俊). Journal of Functional Polymers(功能高分子学报)[J], 2002, **15**(1): 1—5
- [ 18 ] LI Zhi-Jun(李志君), XIE Xu-Ming(谢续明), GUO Bao-Hua(郭宝华). Chemical Journal of Chinese Universities(高等学校化学学报)[J], 2004, **25**(10): 1941—1944
- [ 19 ] HUANG Bo-Fen(黄伯芬), ZOU Xiu-Wen(邹修文), WANG Ying(王樱). China Plastics Industry(塑料工业)[J], 2006, **34**(12): 49—52
- [ 20 ] CHEN Guang-Xin(陈广新), LIU Jing-Jiang(刘景江). Acta Polymer Sinica(高分子学报)[J], 1999, **5**: 557—563
- [ 21 ] FU Shu-Ren(傅树人), CHEN Dao-Da(陈道达). Polymer Communications(高分子通讯)[J], 1983, **2**: 99—103
- [ 22 ] Paul D. R., Bucknall C. B.. Polymer Blends[M], Beijing: Science Press, 2004: 363—377

## Compatibilization Effect of PTW on Polymer Blends of PA1010/PP

YANG Feng-Xia<sup>1,2</sup>, DU Rong-Ni<sup>2</sup>, LUO Feng<sup>2</sup>, ZHANG Xin-Lan<sup>2</sup>, YANG Jing-Hui<sup>2</sup>,  
FU Qiang<sup>2</sup>, ZHANG Qin<sup>2\*</sup>

(1. School of Chemistry & Chemical Engineering, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China;

2. College of Polymer Science and Engineering, State Key Laboratory of Polymer Engineering,  
Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract** In order to improve the compatibility and the mechanical properties of Polyamide1010 and Polypropylene (PA1010/PP) blends, a novel reactive compatibilizer ethylene-butylacrylate-glycidyl methacrylate terpolymer (PTW) was used to compatibilize the blends. The compatibilizing effect of PTW on PA1010/PP blends was investigated by means of scanning electron microscopy (SEM), Fourier transform infrared (FTIR), mechanical testing and differential scanning calorimetry (DSC), respectively. It was found that with increasing the PTW content, the size of the dispersed PP particles decreased obviously, when the mass ratio of PA1010/PP/PTW is 70:30:7, the domain size showed a fine and uniform dispersion in the matrix, indicated PTW had an effective compatibilization effect on PA1010/PP blends. FTIR results show that the epoxy groups of PTW react with the end group of PA1010 in the blending process. DSC results show that the addition of PTW decreased the crystallization temperature of PA1010, indicate that PTW has an inhibition effect on the crystallization of PA1010. On the other hand, with increasing the mass fraction of PTW content, the crystallization temperature of PP became lower too, when the mass fraction of PTW was 5%, two crystalline peaks appeared, the crystallization of PP at the lower temperature should be assigned to homogeneous nucleation, the other one was heterogeneous nucleation. The appearance of homogeneous nucleation demonstrated that the size of PP particles was very fine in the matrix from the other hand. When the mass fraction of PTW was 7%, the blend had the best comprehensive property and the Izod impact strength of dried samples was 13.93 kJ/m<sup>2</sup>, which is 2 times that for the binary PA1010/PP blend. Meanwhile, the flexural strength, tensile strength and modulus can be maintained at a relative high level. The compatibilization mechanism of PTW lied in the chemical interactions occurring between the end group of PA1010 and epoxy groups of PTW during the blending process, and the compatibility between PP and ethylene groups of PTW. And hence the addition of PTW decreased the interfacial tension and the domain size dramatically, improved the mechanical properties greatly.

**Keywords** Polyamide1010; Polypropylene; Ethylene-butylacrylate-glycidyl methacrylate terpolymer (PTW); Blend; Compatibilization mechanism

(Ed.: W, Z)